Estimation de la taille des poissons lagonaires vendus sous la forme de *tui*[1] en bord de route sur l'île de Moorea (Polynésie française) par analyse de clichés numériques

par

Rakamaly MADI MOUSSA (1)

RÉSUMÉ. - En Polynésie française, les données statistiques de pêche sont peu fiables. Les chiffres du commerce inter-îles sont inconnus et, par conséquent, les ventes de poissons lagonaires recensées sur les marchés municipaux ne sont plus représentatives de la pêche lagonaire. Sur l'île de Moorea, la population locale pratique la pêche lagonaire dans le cadre de l'autoconsommation et c'est en bord de route que l'offre et la demande se rencontrent. L'unité de cette vente est le *tui*. Le *tui* est une guirlande de poissons, d'une ou de plusieurs espèces, liés ensemble avec une fibre végétale passant par les ouïes et suspendue à un portique métallique. Dans cette étude, l'objectif a été d'évaluer les tailles des poissons des *tui* par analyse numérique d'image, puis de déterminer le poids de chaque poisson à l'aide de la relation taille-poids. La technique photographique montre une précision moyenne de ± 2% avec une exactitude de 97% de la taille à la fourche des poissons. Cependant, 20 à 35% des poissons n'ont pu être mesurés. Pour les deux saisons confondues, 20 à 80% de cinq espèces commercialisées en bord de route sont en-dessous de la taille minimale de capture fixée par la législation du PGEM (Plan de gestion de l'espace maritime). Cependant, la pêche lagonaire n'exploite que quelques espèces puisque cinq à six espèces représentent plus de 80% des ventes totales. Cette technique nous a permis d'estimer (1) le poids moyen d'un *tui* soit 3,2 ± 0,85 kg et (2) les quantités de poissons vendues en bord de route en saison chaude, soit 1473 kg, environ 2,8 fois plus qu'en saison froide. Cette méthode photographique peut servir d'outil pour la gestion des pêches en permettant d'identifier les espèces et la taille des poissons vendus en bord de route.

ABSTRACT. - Estimation of the size of lagoon fish sold at the roadside as *tui* on Moorea Island (French Polynesia) by analysis of digital images.

In French Polynesia, fisheries statistics are unreliable. Trade figures between islands are unknown and, consequently, sales of lagoon fish identified on markets are not representative of lagoon fishing. In Moorea Island, local communities practice lagoon fishing within the context of auto-consumption, with supply and demand meeting on the roadside. The unit of this sale is the *tui*, which consists of a string of several fish of one or several species, linked together with a vegetable fibre through the gills, generally suspended on a metal gantry. In this study, the objective was to evaluate the sizes of fish in a *tui*, by estimating the size of proposed sale at the roadside using digital image analysis and then to determine the weight of each fish using length-weight relationship. The photographic technique shows a mean precision of the fork length estimate per fish of ± 2% and 97% accuracy. However, 20 to 35% of fish could not be measured. In both seasons, 20 to 80% of five species marketed at the roadside were below the minimum legal size set by PGEM legislation (Management Plan of the Maritime Area). However, lagoon fishing exploits only a few species, with only five to six species representing more than 80% of total sales. This technique allowed us to estimate (1) the average weight of a *tui*, at 3.2 ± 0.85 kg, and (2) the quantities of fish sold at the roadside in wet and dry seasons, with quantities of fish sold being approximately 2.8 times higher in the wet season (1473 kg) compared to the dry season (526 kg). This photographic method can serve as a tool for fisheries management by identifying species and size of fish in the roadside market.

Key words. - Lagoon fish - French Polynesia - Moorea - *Tui* - Sales roadside - Minimum size of catch.

La survie de nombreuses sociétés de pêche côtières dépend de la productivité de leur zone (Jennings et Polunin, 1996). Cette pêche joue un rôle extrêmement important dans l'alimentation des habitants des petites îles du Pacifique (MacManus, 1997). Ces ressources récifales représentent, en effet, l'un des principaux apports (entre 39% et 90%) en protéines animales dans le Pacifique (Salvat, 1992 ; Dalzell *et al.,* 1996). Dans le Pacifique sud la pêche côtière est essentiellement artisanale et la production totale annuelle de la région est estimée à 100 000 t, avec des disparités importantes entre les îles. De plus, 80% des débarquements correspondent à une pêche de subsistance (Dalzell *et al.,* 1996). Ce type de pêche demeure une activité économique et culturelle essentielle, mais elle reste difficile à évaluer et son impact est encore mal connu (MacManus, 1996).

En Polynésie française la pêche se répartit autour de trois

[1] Une guirlande de poissons, d'une ou plusieurs espèces, liés ensemble avec une fibre végétale passant par les ouïes, le tout suspendu généralement sur un portique métallique, et qui constitue l'unité de vente.

(1) UMR 5244 CNRS-EPHE-UPVD, Université de Perpignan, 66860 Perpignan CEDEX, FRANCE et UMS 2978 CNRS-EPHE, Criobe BP1013, 98729 Moorea, POLYNÉSIE FRANÇAISE. [rakamany.madimoussa@univ-perp.fr].

catégories : hauturière, côtière et lagonaire. Les pêches côtière et surtout hauturière, plus moderne et plus lucrative, sont soutenues par les pouvoirs publics, alors que la pêche lagonaire est maintenue au rang de l'autoconsommation (Maamaatuaiahutapu, 2003). La production de la flottille de pêche hauturière représentait 6309 t en 2007 avec une diminution de 21% par rapport à 2001 (SPE, 2006). Celle de la pêche côtière était de 2332 t en 2007 et inférieure de 17% par rapport à 2006. Bien qu'il n'existe que très peu de données sur la pêche lagonaire, la production globale actuelle est estimée aux environs de 4300 t/an (SPE, 2006). Cette pêche est très importante sur le plan social et économique en Polynésie française car elle est accessible à tous et représente pour beaucoup une activité à la fois commerciale et de subsistance (Salvat et Aubanel, 2002). Il s'agit pour les pêcheurs d'apporter à leur famille une ressource supplémentaire soit par le biais de l'autoconsommation, soit par la vente. Cependant, les autorités sont confrontées à un problème de quantification des poissons prélevés. En effet, la disparité de la pêche artisanale lagonaire qui est à la fois multi-spécifique et multi-engins, avec des points de débarquement dispersés, résulte dans des informations fragmentaires et peu fiables (Ferraris et Cayré, 2003). Actuellement, le secteur de la pêche lagonaire met en évidence un réel manque de structures et d'organisation, malgré l'existence de la chambre d'agriculture et de la pêche lagonaire (Maamaatuaiahutapu, 2003). De nombreux pêcheurs ne sont pas enregistrés à cette instance, sans doute en raison du caractère volontaire de la démarche.

Les îles de Tahiti, Moorea, Raiatea et Tahaa permettent à l'archipel de la Société d'être le premier producteur de poissons lagonaires (Maamaatuaiahutapu, 2003). L'île de Tahiti, de loin la plus peuplée, possède la plus grande pêcherie avec une production annuelle de l'ordre du millier de tonnes ; toute sa production est absorbée pour satisfaire les besoins de la population (SPE, 2006).

Traditionnellement, les produits de la pêche étaient principalement vendus sur les trois grands marchés municipaux de Polynésie française (Papeete, Uturoa et Pirae). Mais, actuellement, les ventes de poissons recensées sur ces marchés ne sont plus représentatives de la pêche lagonaire (CPS, 2001). On constate globalement une baisse des quantités de poissons lagonaires vendus dans ces marchés, passant de 2000 t en 1985 à moins de 500 t en 2006 (SPE, 2006). Aujourd'hui les marchés municipaux ne commercialisent plus que 25 à 30% des quantités capturées, au profit de l'autre mode de commercialisation, représenté par les ventes directes en bord de route (SPE, 2004).

Le caractère diffus de cette activité, énormément marquée par la pêche de subsistance, rend très difficile l'estimation des quantités prélevées et consommées. La meilleure façon d'évaluer cette production halieutique de subsistance est de réaliser des études de consommation au niveau des ménages (Léopold, 2000 ; Léopold *et al.*, 2004; Labrosse *et al.*, 2006 ; Kronen *et al.,* 2008).

En 2002, une étude de consommation des ménages, réalisée par Yonger sur l'île de Moorea, donne une estimation de la production lagonaire à 1117 t/an, soit un rendement de 22,9 t/km^2/an. Brenier (2009) a estimé la production lagonaire à 1190 t/an, soit un rendement de 24,5 t/an/km^2.

D'après Labrosse *et al.* (2006), la composition des captures de la pêche de subsistance différait sensiblement de celle de la pêche commerciale, avec une proportion plus élevée d'espèces moins vulnérables à l'exploitation. À Moorea, les points de vente de poissons lagonaires sont situés en bordure de la route qui ceinture l'île et sont caractérisés par la présence des portiques sur lesquels sont suspendus les *tui*. Normalement, cette activité commerciale n'est réservée qu'aux pêcheurs professionnels détenteurs de la carte professionnelle, mais faute de contrôle, les choses sont très différentes. En effet, tout pêcheur qui le désire, qu'il soit en possession d'une carte ou non, peut vendre le fruit de sa pêche en bord de route. Il est donc nécessaire de quantifier cette pêche commerciale artisanale en bordure de route. Aubanel (1993) et Vieux (2002) ont estimé à 50 t/an et 83 t/an la quantité de poisson vendue en bord de route de l'île de Moorea. Ces estimations sont fondées sur le comptage de *tui* par site de vente et le nombre total a été multiplié par le poids moyen d'un *tui*, soit 3 kg.

Dans le cadre du Plan de gestion de l'espace maritime (PGEM) créé le 21 octobre 2004, une étude photographique visant à estimer la taille des espèces vendues à l'aide d'un gabarit en carton et à identifier les espèces a été réalisée par Kerneur (2006) à Moorea et Benet (2007) à Tahiti. Cependant, cette méthode d'estimation de taille de vente à partir de gabarits ne permet pas d'obtenir des données quantitatives.

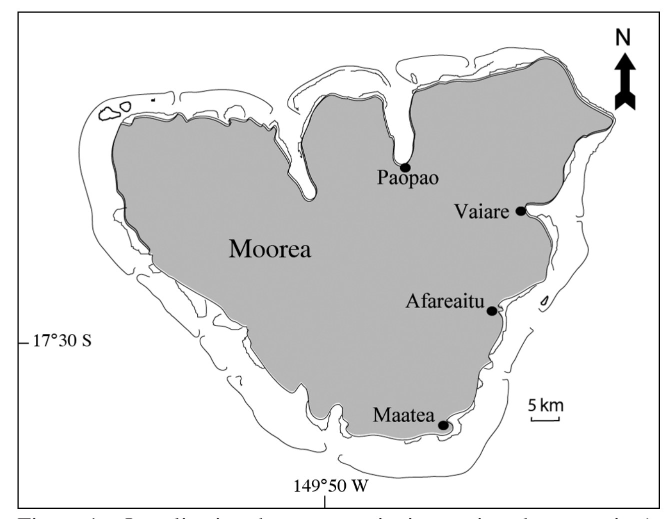


Figure 1. - Localisation des quatre principaux sites de vente situés principalement sur la côte est et dans le Nord de l'île de Moorea. *[Localization of the four main sale sites on the East Coast and the North of the island of Moorea.]*

De plus, elle sous-entend que tous les poissons composant le *tui* ont une taille homogène, pour conclure sur un résultat global de la taille, inférieure, égale, ou supérieure au gabarit.

Plusieurs auteurs ont eu recours à des techniques vidéo ou photographiques pour ensuite estimer la longueur, identifier l'espèce ou encore déterminer la forme du poisson par ordinateur dans le domaine de l'halieutique (Strachan, 1993 ; Naudin *et al.,* 1996 ; Zion *et al.,* 1999 ; Zion *et al.,* 2000 ; Storbeck *et al.,* 2001 ; White *et al.,* 2006).

L'objectif de ce travail est de tester une technique d'échantillonnage des captures vendues en bord des routes, dans le but de contribuer à l'évaluation des mortalités par pêche : (1) en observant les tailles des poissons des *tui* vendus en bord de route par analyse de clichés numériques et (2) en déterminant le poids total du *tui* à l'aide de la relation taille-poids.

MATÉRIEL ET MÉTHODES

Zone d'étude

L'île de Moorea est située à 25 km au nord-ouest de Tahiti (17°30' S, 149°50' W). De forme triangulaire, elle représente une surface de 134 km^2, une altitude maximale de 1207 m (mont Tohivea) et un linéaire de côte de 61 km (Fig. 1). L'île est entourée d'un récif barrière qui délimite un lagon de 49 km^2, dont la largeur varie de 500 à 1500 m pour une profondeur de 0,5 à 30 m. Le récif barrière est entrecoupé de 11 passes de profondeur inégale, auxquelles aboutissent des chenaux d'embarcation (Galzin et Pointier, 1985). Au dernier recensement de 2007, l'île de Moorea comptait 16 490 habitants. Cette étude s'est focalisée sur quatre principaux sites de vente où l'on rencontre régulièrement un effectif de pêcheurs supérieur à quatre (Fig. 1). Ces sites se trouvent pour la plupart du temps devant des épiceries, comme l'ont constaté Aubanel (1993) et Vieux (2002) dans leurs études.

Inventaire des *tui* en bord de route

L'ensemble des *tui* de poissons lagonaires commercialisés en bord de route ont été échantillonnés durant quatre mois en saison fraîche (2007) et un mois en saison chaude (2008). Les sorties sur les points de vente se sont déroulées du jeudi matin au dimanche de 4 h 30 à 7 h 30, et pour les autres jours, l'après midi de 16 h 00 à 18 h 00. Il faut noter que c'est en fin de semaine qu'on trouve davantage de pêcheurs vendant leur *tui* en bord de route le matin. Les poissons ne passent par aucune chaîne de froid et sont vendus directement après la pêche, ce qui explique les horaires de vente matinale. L'échantillonnage a concerné le comptage des *tui*, l'identification des espèces et la prise photographique. Lors de ces enquêtes sur le terrain, seuls les pêcheurs lagonaires ont été sujet à un recensement comprenant l'âge, l'engin de pêche le plus utilisé et la connaissance de l'existence et le respect des règles du PGEM.

Acquisition d'image

Un *tui* se présente sous la forme d'une guirlande de poissons composée d'une ou plusieurs espèces, liés à travers les ouïes par une fibre végétale ; sa taille peut atteindre 1,70 m. L'ensemble est suspendu sur un portique métallique (chevalet de 2 m de haut) pour la vente. Le *tui* peut être constitué de un à deux poissons lorsqu'il s'agit des grandes espèces (> 40 cm : Carangidae, Acanthuridae, Lethrinidae), et peut aller jusqu'à 15 individus pour les petites espèces (10 à 30 cm : Scaridae, Mullidae, Holocentridae, etc.).

Sur chaque site de vente, les poissons ont été photographiés à l'aide d'un appareil numérique Sony Cybershot DSC-W12 équipé d'un capteur CCD 1/1.8" de 5,1 millions de pixels. Nous préconisons une ouverture de l'objectif de F/2.8-5.2, en mode macro avec flash pour obtenir des photos de la taille de 2592 par 1944 pixels, chaque pixel représentant environ 1 mm^2. La photographie est prise à une distance moyenne de 2 m et toujours par la même personne et avec le même appareil photo. Un tableau quadrillé est placé derrière le *tui,* caractérisant l'échelle de référence pour un traitement aisé de l'estimation de la taille (longueur à la fourche) sur ordinateur (Fig. 2). Le logiciel Visilog 6.5 viewer (Noesis, France), d'accès gratuit, a été utilisé pour relever la taille des poissons sur les photographies. Pour chaque image de *tui,* on ajuste l'échelle du Visilog à l'échelle de référence du tableau quadrillé de 15 cm de côté. Ensuite, l'échelle est enregistrée dans la case "taille réelle" du logiciel ; ici 15 cm sont représentés par 252 pixels (Fig. 3). Une fois l'étalonnage effectué, on peut relever la taille du poisson, qui correspond à la distance entre deux points, calculée par le logiciel.

Estimation de la taille et du poids

D'une manière générale, la pêche lagonaire est dirigée vers la capture de plusieurs espèces cibles, qui sont les espèces sur lesquelles les pêcheurs ont décidé de porter l'effort de pêche. La longueur à la fourche de tous les poissons lagonaires vendus en bord de route a été estimée. Ces données ont permis d'estimer le poids à l'aide de la relation taille-poids (Kulbicki *et al.*, 2005). Pour vérifier les informations

Tableau I. - Les cinq espèces commerciales retenues pour les tests de comparaison de la taille sur ordinateur. *[List of the five commercial species used for computational analysis.]*

Espèces	Familles	Nombre de poissons
Naso unicornis	Acanthuridae	40
Myripristis berndti	Holocentridae	15
Mulloïdichthys flavolineatus	Mullidae	12
Chlorurus sordidus	Scaridae	12
Caranx melampygus	Carangidae	6

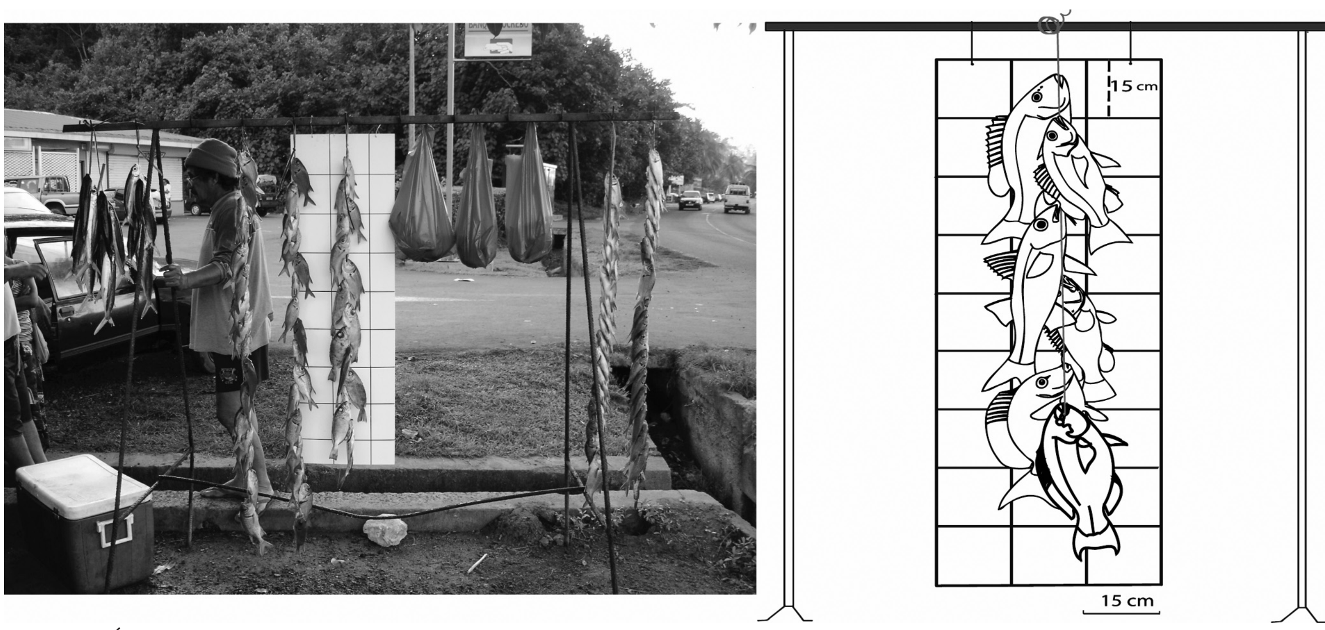


Figure 2. - Échelle de référence matérialisée par un tableau quadrillé de 15 cm de côté. *[Scale board 15 x 15 cm.]*

Figure 3. - Capture d'écran de l'étalonnage du logiciel sur l'échelle avant la prise de mesure. *[Screen capture of the software calibration on the scale before measurement.]*

Tableau II. - Liste des espèces vendues en bord de route de Moorea (les noms vernaculaires sont extraits de Bacchet *et al*., 2006 et Bagnis *et al*., 1976). *[List of species sold at the roadside in Moorea (common names are taken from Bacchet* et al., *2006 and Bagnis* et al., *1976).]*

Famille	Espèces	Nom vernaculaire français	Nom vernaculaire tahitien
Priacanthidae	1. *Heteropriacanthus cruentatus*	Priacante sanglant	Maere
Lutjanidae	2. *Lutjanus gibbus*	Perche pagaie	Tuhara
	3. *Lutjanus fulvus*	Vivaneau	Toau
Siganidae	4. *Siganus argenteus*	Picot tacheté	Marava
	5. *Siganus spinus*	Picot rayé	Paauara
Acanthuridae	6. *Acanthurus xanthopterus*	Chirurgien à nageoire jaune	Parai
	7. *Naso unicornis*	Nason brun	Ume
	8. *Naso lituratus*	Nason orange	Ume tarei
	9. *Acanthurus olivaceus*	Poisson gendarme	Havari
	10. *Acanthurus nigricauda*	Chirurgien à queue blanche	Parai oturi
Carangidae	11. *Caranx melampygus*	Carangue à aile bleue	Paaihere
	12. *Trachinotus baillonii*	Carangue manège	Rai
	13. *Caranx sexfasciatus*	Carangue à gros yeux	Omuri
Holocentridae	14. *Myripristis* sp.	Rouget	Iihi
	15. *Myripristis murdjan*	Poisson soldat	Iihi
	16. *Sargocentron spiniferum*	Soldat armé	Apai
Labridae	17. *Cheilinus trilobatus*	Labre maori	Papae mara
	18. *Cheilinus undulatus*	Napoleon	Mara
	19. *Cheilinus chlorourus*	Labre maori	Papae mara
	20. *Halichoeres hortulanus*	Labre damier	Aupa
Lethrinidae	21. *Monotaxis grandoculis*	Dorade tropicale	Mu
	22. *Lethrinus xanthochilus*	Bec de canne à museau court	Oeo utupoto
	23. *Lethrinus olivaceus*	Bec de canne à museau long	Oeo uturoa
	24. *Gnathodentex aureolineatus*	Perche d'or	Maere
Mullidae	25. *Mulloïdichthys vanicolensis*	Surmulet appât	Vete
	26. *Mulloïdichthys flavolineatus*	Surmulet auriflamme	Vete
	27. *Parupeneus insularis*	Poisson chèvre à une selle	Atiatia
	28. *Parupeneus multifasciatus*	Poisson chèvre à 3 selles	Atiatia
	29. *Parupeneus barberinus*	Barbillon rayé	Ahuru tore
	30. *Parupeneus ciliatus*	Poisson chèvre à ligne blanche	Ahuru
	31. *Parupeneus porphyreus*	Barbillon cardinal	Ahuru paa
	32. *Parupeneus cyclostomus*	Barbillon travesti	Ahuru haravai
Serranidae	33. *Epinephelus merra*	Loche à rayon de miel	Tarao
	34. *Cephalopholis argus*	Mérou céleste	Roi
Scaridae	35. *Chlorurus sordidus*	Perroquet brûlé	Paati paapa
	36. *Scarus rubroviolaceus*	Perroquet prairie	Uhu mamaria
	37. *Scarus oviceps*	Perroquet banane	Pahoro toruro
	38. *Scarus psittacus*	Perroquet gros ventre	Paati
	39. *Scarus forsteni*	Perroquet de forsten	Paati hohonu
Kyphosidae	40. *Kyphosus cinerascens*	Saupe grise	Nanue
Mugilidae	41. *Crenimugil crenilabis*	Mulet	Tehu
Belonidae	42. *Tylosurus crocodilus crocodilus*	Aiguillette crocodile	Aku
Ephippidae	43. *Platax orbicularis*	Platax	Paraha peue
Sphyraenidae	44. *Sphyraena quenie*	Barracuda à nageoire noire	Tapatu

relevées sur l'ensemble des photographies numériques, nous avons acheté huit *tui* (soit 85 poissons) sur les quatre sites de vente. Ces *tui* étaient composés de cinq espèces appartenant à des familles différentes (Tab. I). Hormis *Caranx*

melampygus, la sélection des autres espèces est fondée sur leur fréquence dans les points de vente. À titre d'exemple, la part totale des *tui* de *Naso unicornis* représente 21% des *tui* échantillonnés durant cette étude, *Chlorurus sordidus* (10%), *Myripristis berndti* (9%) et *Mulloïdichthys flavolineatus* (7%). La taille réelle des 85 poissons a été mesurée manuellement avec un ruban mètre de ± 0,5 cm de précision. Le poids réel a été déterminé sur une balance électronique de ± 0,1g de précision.

Dans le cadre du PGEM, nous avons retenu 13 espèces cibles qui appartiennent aux familles les plus abondantes sur les lieux de vente et les plus appréciées. Les tailles moyennes estimées de ces espèces ont été comparées aux tailles réglementaires de capture pour les deux saisons d'échantillonnage.

Analyse des données

Les analyses ont porté sur la précision et l'exactitude de mesures des poissons photographiés par rapport aux poissons achetés. La précision (*P*) est exprimée comme le rapport de l'erreur-type sur la moyenne : *P* = ET/X, avec ET = erreur type (de la moyenne des valeurs estimées) et X = moyenne des valeurs estimées.

L'exactitude (Æ) a été calculée comme le rapport de la valeur estimée sur la valeur réelle, les valeurs > 1 correspondent à des surestimations et celles < 1 à des sous-estimations (Abdo *et al.,* 2006). Æ = *Ve*/*Vr*, avec *Ve* = valeur estimée à partir des clichés numériques et *Vr* = valeur réelle, mesurée manuellement.

Les exigences d'un test paramétrique de conformité n'étaient pas remplies pour comparer les mesures estimées aux contrôles. Un test non-paramétrique pour deux échantillons liés a été utilisé pour établir s'il existe des différences entre les deux mesures (test des signes). Ensuite, un test de corrélation non-paramétrique a été effectué pour chaque espèce (rho de Spearman). Les analyses ont été réalisées avec le logiciel SPSS 11.0.

RÉSULTATS

Inventaire des *tui* en bord de route

Quinze jours de collecte ont été analysés durant quatre mois en saison froide (2007) : les 13 et 15 juillet, ainsi que le 12 août correspondaient à la période de lune nouvelle. L'échantillonnage mené pendant la saison chaude (2008) a été conduit sur 14 jours pendant lesquels le 7 février était en lune nouvelle.

Près de 656 *tui,* soit 6 100 poissons, ont été photographiés, pour la plupart en saison chaude (70% du nombre total de *tui*). 60% des *tui* échantillonnés ont été commercialisés le dimanche. Au total, 44 espèces, réparties dans 16 familles, ont été identifiées durant cette étude (Tab. II).

Acquisition d'image

20 à 35% des poissons n'ont pas été correctement mesurés avec le logiciel, car la tête ou la queue n'étaient pas visibles sur la photographie.

Dans l'ensemble, le temps requis pour l'analyse d'un *tui* à l'aide du logiciel de mesure est en moyenne de 7 min, et peut atteindre 15 min dans certains cas. Le traitement photographique d'une journée d'échantillonnage peut être long, car en fin de semaine le nombre de *tui* peut atteindre 50 unités, *versus* 10 unités en début de semaine.

Estimation de la taille et du poids

Sur chaque point de vente, le poids d'un *tui* varie entre 2 et 4,6 kg avec une moyenne de 3,2 kg (± 0,85) par *tui*.

Pour les 85 poissons achetés, la longueur à la fourche a été estimée à l'aide du logiciel et le poids avec la relation

Tableau III. - Résultats du test non-paramétrique (test des signes) sur la comparaison de la taille et du poids des cinq espèces sélectionnées. Vr, Ve: voir légende de la figure 4. *[Results of nonparametric test (Sign test) on the comparison of the size and weight of the five selected species. Vr, Ve: see legend of figure 4.]*

	Espèces	N	Moyenne (Vr) ± Ecart type	Moyenne (Ve) ± Ecart type	Probabilité associée au test des Signes	Coefficient de corrélation (Rho de Spearman)	Probabilité associée à la corrélation
Taille (cm)	*Naso unicornis*	40	25,6 ± *3,77*	24,9 ± *3,76*	0,16	0,78	0,001
	Myripristis berndti	15	19,4 ± *1,49*	19,1 ± 0,*97*	0,79	0,79	0,001
	Mulloïdichthys flavolineatus	12	27,7 ± *2,45*	26,6 ± 1,*77*	0,07	0,63	0,029
	Chlorurus sordidus	12	26,7 ± *2,16*	25,9 ± 1,*97*	0,04	0,84	0,001
	Caranx melampygus	6	29,3 ± *2,18*	28,2 ± *2,21*	0,06	0,70	0,125
Poids (g)	*Naso unicornis*	40	333,4 ± *214,2*	333,2 ± *209,8*	0,64	0,74	0,001
	Myripristis berndti	15	190,1 ± *32,7*	211,0 ± *31,4*	0,04	0,55	0,034
	Mulloïdichthys flavolineatus	12	387 ± *145,8*	376,6 ± *118,3*	0,77	0,75	0,005
	Chlorurus sordidus	12	355,8 ± *88,7*	380,3 ± *104,3*	0,04	0,87	0,001
	Caranx melampygus	6	438,3 ± *96*	405,9 ± *101*	1,00	0,60	0,208

taille-poids. Le test des signes montre qu'il existe des différences significatives entre les valeurs réelles et estimées de *C. sordidus* ($p < 0,05$) (Tab. III). Malgré cela, l'espèce montre la plus forte corrélation entre les deux valeurs ($p < 0,05$; $r = 0,84$) (Tab. III). Le même test a été utilisé pour les valeurs pondérales et on a pu constater des différences significatives entre les valeurs réelles et estimées de *C. sordidus* et *M. berndti* ($p < 0,05$) (Tab. III). Seul, le coefficient de corrélation rho de Spearman de *C. melampygus* ($p > 0,05$; $r = 0,60$) n'a pas été significatif entre les deux valeurs (Tab. III).

Exactitude

Dans l'ensemble, pour les cinq espèces des huit *tui* achetés, l'exactitude moyenne sur la mesure est élevée (Æ = 0,97), mais présente une légère sous-estimation (Fig. 4). Le plus haut niveau d'exactitude moyenne est observé sur l'espèce *M. berndti* (Æ = 0,99 ± 0,01) (Tab. IV). Pour *M. flavolineatus* et *C. melampygus,* l'exactitude moyenne est la plus faible (Æ = 0,96 ± 0,01 et 0,96 ± 0,02, respectivement) (Tab. IV).

Précision

La précision de la méthode photographique a été la plus élevée pour *M. berndti* (environ ± 1% de la valeur estimée), mais les mesures sont sous-estimées à peu près de 2 à 3% (Tab. V). La précision moyenne de la valeur estimée pour les cinq espèces est élevée ($P = 0,02$).

Taille limite de capture

Dans le guide du PGEM (2005) figurent 48 espèces dont la taille de capture est réglementée. Des comparaisons ont été faites sur la taille moyenne de 13 espèces appartenant aux sept familles les plus abondantes aux points de vente (Acanthuridae, Scaridae, Mullidae, Holocentridae, Lethrinidae, Siganidae et Serranidae). Ces familles couvrent environ plus de 90% des ventes globales en bord de route. Pour les deux saisons confondues, environ cinq espèces ont été capturées en dessous de la taille limite de capture, parmi lesquelles on trouve 80% de *N. unicornis*, 41% de *Monotaxis grandoculis*,

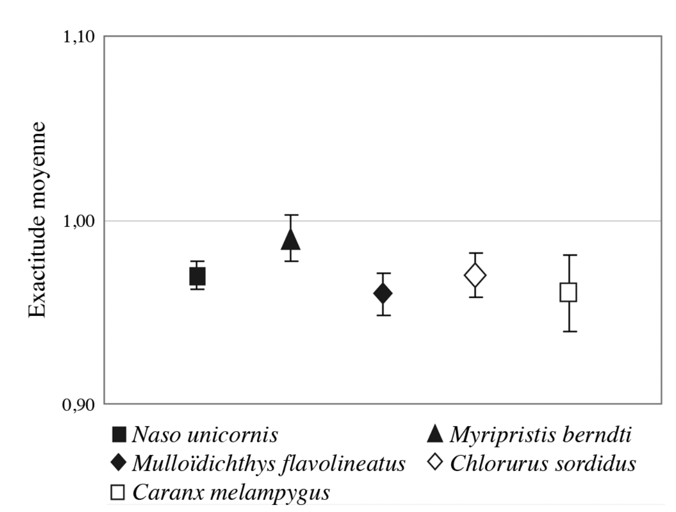


Figure 4. - Exactitude moyenne des 85 espèces sélectionnées. L'exactitude est définie comme Æ = *Ve*/*Vr*, avec Æ = estimation de l'exactitude, *Ve* = valeur estimée et *Vr* = valeur réelle. L'exactitude augmente dès que Æ s'approche de 1. Les valeurs surestimées sont supérieures à 1 et les valeurs sous-estimées sont inférieures à 1. Barres d'erreur = erreur type. *[Mean accuracy of 85 selected species. Accuracy is defined as Æ = Ve/Vr, where Æ = estimated accuracy, Ve = estimated size and Vr = true value. The accuracy increases as Æ approaches 1. The overestimated values are greater than 1 and values under-estimated are less than 1. Error bars = standard error.]*

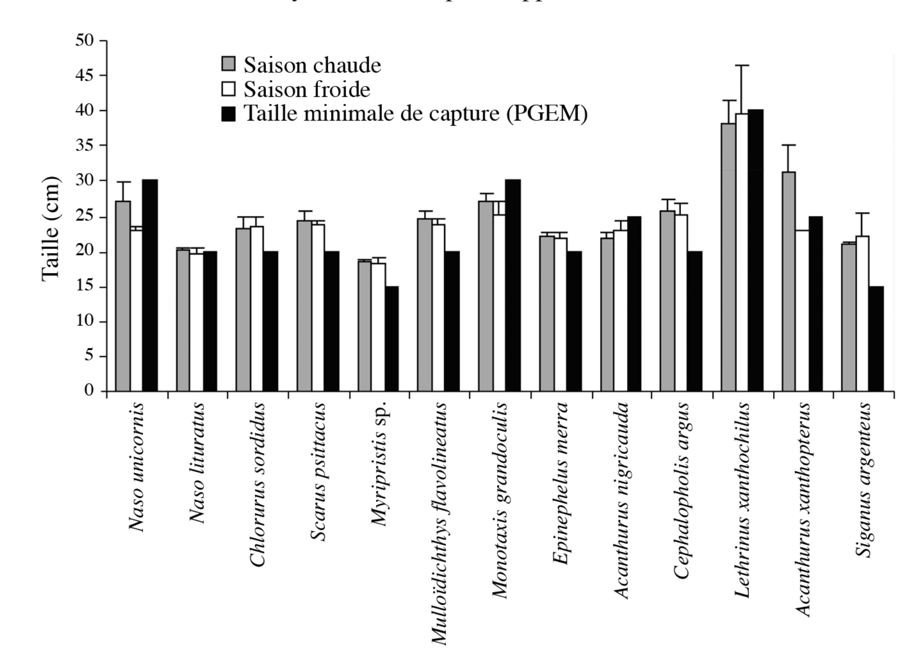


Figure 5. - Taille moyenne de treize espèces cibles par rapport à celles du PGEM pour les deux saisons ; les barres d'erreur indiquent l'écart type. *[Average size of thirteen target species compared to those suggested by PGEM for both seasons; error bars represent standard deviation.]*

Tableau IV. - Exactitude moyenne de la taille des cinq espèces sélectionnées en utilisant le logiciel. *[Mean accuracy of the size of the five species used for computational analysis.]*

Espèces	Nombre de poissons	Exactitude moyenne	Erreur type
Naso unicornis	40	0,97	0,01
Myripristis berndti	15	0,99	0,01
Mulloïdichthys flavolineatus	12	0,96	0,01
Chlorurus sordidus	12	0,97	0,01
Caranx melampygus	6	0,96	0,02

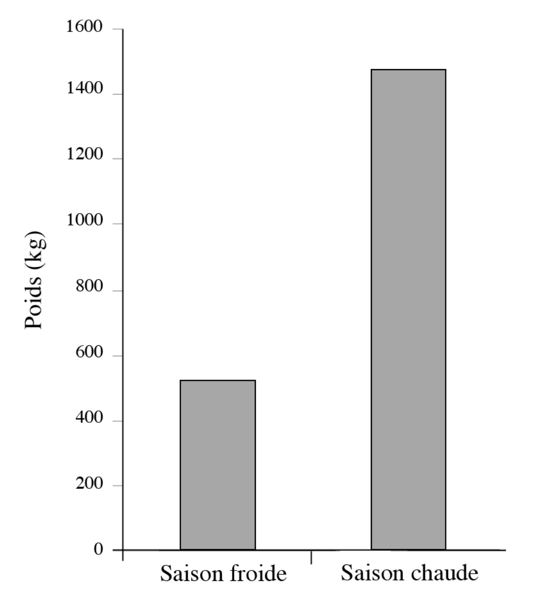


Figure 6. - Quantité vendue en bord de route pour les deux saisons. *[Quantity sold at the roadside for both seasons.]*

40% de *Lethrinus xanthochilus*, 22% de *Acanthurus nigricauda* et 20% de *Naso lituratus* (Fig. 5).

Quantité vendue durant cette étude

La quantité vendue en saison chaude est 2,8 fois plus importante qu'en saison froide (Fig. 6). Pour les deux saisons mélangées, le poids des poissons a été estimé par la relation taille-poids à 1998 kg alors qu'en multipliant les 656 *tui* par 3,2 kg (poids moyen estimé à partir des 8 *tui* achetés) on obtient 2099 kg. La famille des Acanthuridae constitue la moitié des captures débarquées. Cette famille est largement dominée par l'espèce *N. unicornis* qui représente environ 35% de la biomasse totale des espèces débarquées. On peut dénombrer six espèces dominantes dans les ventes (*N. unicornis, C. sordidus, Scarus psittacus, N. lituratus, Myripristis sp., M. flavolineatus*).

Les villages de Vaiare et de Maatea sont les sites de vente les plus réguliers, où la quantité vendue représente 43% et 32% des *tui* échantillonnés.

DISCUSSION

Les résultats expérimentaux de la technique d'analyse d'image avec le logiciel Visilog montrent qu'il a été possible d'estimer la taille d'un poisson sur un *tui* commercialisé en bord de route à partir de la photographie numérique du *tui*. La méthode semble donc convenir aux relevés *in situ*. Elle a été principalement mise au point pour obtenir des mesures pour des études quantitatives sur la taille des poissons vendus. À l'aide de la relation taille-poids et de cette technique photographique, il est possible de déterminer le poids des captures commercialisées.

L'analyse non-paramétrique des signes tend à confirmer qu'il n'y a pas de différences significatives entre les mesures estimées et réelles, même si ce test n'est pas aussi puissant que le test de Wilcoxon (Zar, 1999). En effet, une seule espèce (*C. sordidus*) présente un résultat négatif sur la taille malgré une précision et une exactitude élevées. D'un point de vue pondéral, les différences trouvées pour *C. sordidus* et *M. berndti* peuvent être expliquées par la capture des poissons amaigris après la reproduction, étant donné que le poids relevé pour ces deux espèces est plus faible pour les valeurs réelles qu'estimées.

L'exactitude sur la mesure a été en moyenne de 97% avec une précision de ± 2%, ce qui prouve l'efficacité de la méthode dans le cadre de cette étude. L'estimation de la taille s'est révélée extrêmement précise pour *M. berndti*. Cela pourrait être lié à la forme de la nageoire caudale qui est fourchue. Tandis que la mesure la moins exacte est celle de la carangue bleue (*C. melampygus*) dont la nageoire caudale est

Tableau V. - Précision moyenne des estimations de la taille de chaque espèce. La précision est définie comme P = ET/X, où P = précision de la taille estimée, X = moyenne des valeurs estimées, ET = erreur-type de la moyenne des valeurs estimées. La précision augmente quand ET est faible par rapport à la moyenne et elle diminue lorsque le ratio augmente. *[Mean precision of size estimates for each species. Precision is defined as P = ET/X, where P = precision of size estimation, X = mean estimated size, ET = standard error of size estimation. Precision increases when ET is small relative to the mean and it decreases as the ratio increases.]*

Espèces	Nombre de poissons	Moyenne (Ve)	Erreur type	Précision
Naso unicornis	40	24,9	0,60	0,02
Myripristis berndti	15	19,1	0,25	0,01
Mulloïdichthys flavolineatus	12	26,6	0,51	0,02
Chlorurus sordidus	12	26,0	0,57	0,02
Caranx melampygus	6	28,2	0,90	0,03

en forme de croissant. Toutes les mesures à la fourche des cinq espèces sélectionnées ont été légèrement sous-estimées, entre autre à cause des exigences d'échantillonnage.

Les conditions d'éclairage au moment des ventes (à partir de 4 h 00) rendent parfois l'identification spécifique de certains poissons difficile, mais il est aisé de reconnaître la famille. L'identification de la famille ne semble pas être d'une grande utilité, mais il est possible qu'à long terme cela puisse devenir un outil d'aide à la gestion, en particulier pour les Scaridae. Le choix du tableau quadrillé sur un fond blanc a été fait pour optimiser l'éclairage de la prise photographique. La position du poisson sur un *tui* n'a pas été toujours favorable à l'estimation de la mesure. Environ 20 à 35% du contenu d'un *tui* n'ont pas été correctement mesurés avec le logiciel car la tête et la queue du poisson n'étaient pas visibles sur la photographie. S'il ne nous semble pas facile de demander aux pêcheurs de mieux préparer leurs *tui*, en revanche, il a été possible de demander aux pêcheurs d'espacer les *tui* sur le portique métallique avant la prise photographique. La difficulté de la méthode reste enfin l'étalonnage de l'échelle pour améliorer la précision. Le calibrage de l'échelle fixé par l'expérimentateur peut varier d'un individu à l'autre en raison de la qualité de l'image. Les appareils photo-numériques peuvent être utilisés comme un bon outil d'échantillonnage car ils fournissent des images de haute qualité et de haute résolution. La méthode présente un atout majeur pour l'estimation de la taille et l'identification des espèces vendues en bord de route. Elle est rapide à mettre en œuvre, facile d'utilisation et peu onéreuse. Elle a aussi l'énorme avantage d'éviter de manipuler les poissons, principal atout pour la clientèle et les pêcheurs. La prise photographique permet aussi d'archiver les images pour des utilisations ultérieures.

Durant cette étude nous avons pu identifier 44 espèces de poissons commerciaux appartenant à 16 familles, des chiffres qui se rapprochent des résultats obtenus par Yonger (2002). Cependant, seulement cinq à six espèces dominent les ventes comme l'ont constaté Aubanel (1993) et Vieux (2002). On peut noter que 35% des débarquements en bord de route sont représentés par *N. unicornis,* qui est l'une des espèces lagonaires les plus appréciées de la population locale. Du point de vue de la réglementation, 80% des individus de cette espèce sont capturés en-dessous de la taille de capture minimale préconisée par le guide du PGEM. L'utilisation intensive du fusil sous-marin de nuit (84% des pêcheurs), le non respect des Aires marines protégées (Madi Moussa, 2009) ainsi que la forte pression de pêche sur des individus immatures ont réduit la proportion des grandes tailles de cette espèce (Lecaillon *et al*., 2000). Ce constat montre le caractère sélectif de la pression de pêche, qui prélève préférentiellement les gros individus au détriment des petits (Jennings et Kaiser, 1998). Ces pressions sont très marquées pour des familles comme les Acanthuridae et Scaridae, dont la densité relative des classes de grande taille diminue au bénéfice des classes de petite taille au fur et à mesure de l'augmentation de la pression de pêche (Clua, 2004).

Depuis la mise en application des mesures de gestion du lagon de Moorea, les règlements concernant la taille de capture sont difficilement, voire pas du tout, respectés. La majorité des pêcheurs interrogés sur l'existence du PGEM affirment connaître l'emplacement et la délimitation des Aires marines protégées. En revanche, ils n'adhèrent pas tous aux règlements du PGEM par manque de surveillance et de sanction (Madi Moussa, 2009). Malgré cela, nous nous sommes aperçus que les poissons capturés par les pêcheurs plus âgés sont plus souvent réglementaires que les poissons prélevés par les jeunes pêcheurs. Sur les quatre points de vente, 30 pêcheurs actifs âgés entre 18 et 75 ans ont été recensés et la moyenne d'âge la plus élevée (56 ans) était celle du site de Maatea (Madi Moussa, 2009). La précarité et le chômage incitent de plus en plus de jeunes à se tourner vers la pêche, dont la plupart n'ont pas la notion du développement durable.

La méthode d'estimation décrite dans cette étude a clairement démontré sa faisabilité dans le cadre d'un suivi des poissons vendus en bord de route, avec une exactitude et une précision de la mesure élevées. Cependant, la technique photographique est fastidieuse car elle nécessite un volume horaire important de traitement en laboratoire (jusqu'à 12 h 00/échantillon/jour). Cette méthode pourrait être utilisée en complément des méthodes existantes d'estimation de poissons lagonaires. Il serait intéressant de concentrer l'échantillonnage sur les trois derniers jours de la semaine. Comme l'a constaté Aubanel (1993), les jours de nouvelle lune ainsi que les dimanches sont les moments où l'on trouve beaucoup de *tui* en bord de route.

Remerciements. - Cette étude a été financée par une subvention du Service de la pêche en Polynésie française. Présentée lors des 4e rencontres de l'ichtyologie en France (RIF, Paris, mars 2009), elle a reçu le prix de la meilleure communication posters. L'auteur remercie les deux arbitres pour leurs remarques pertinentes qui lui ont permis d'améliorer la qualité de l'article, et est très reconnaissant au comité d'organisation pour le support financier lui ayant permis de participer à ces rencontres.

RÉFÉRENCES

ABDO D.A., SEAGER J.W., HARVEY E.S., MCDONALD J.I., KENDRICK G.A. & SHORTIS M.R., 2006. - Efficiently measuring complex sessile epibenthic organisms using a novel photogrammetric technique. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.,* 339: 120-133.

AUBANEL A., 1993. - Évaluation socio-économique de la pêche en milieu corallien dans l'île de Moorea (Polynésie française) : persistance d'une consommation locale traditionnelle hors du développement touristique. *J. Soc. Océanistes*, 96(1): 49-62.

BACCHET P., ZYSMAN T. & LEFÈVRE Y., 2006. - Guide des Poissons de Tahiti et ses Îles. 607 p. Tahiti: Les Éditions Au vent des Iles.

BAGNIS R., MAZELLIER P., BENNETT J. & CHRISTIAN E., 1976. - Poissons de Polynésie. (3e édit.) 368 p. Nature tropicale. Tahiti: Les Éditions du Pacifique.

BENET A., 2007. - Étude des poissons lagonaires pêchés et vendus sur l'île de Tahiti. Rapport de synthèse. 10 p.

BRENIER A., 2009. - Pertinence des approches participatives pour le suivi écosystémique des pêcheries récifales. Thèse de Doctorat, 143 p. Univ. Paris VI-Pierre et Marie Curie et UFR des Sciences de la vie, Univ. de Tuléar-Institut halieutique et des sciences marines.

CLUA E., 2004. - Influence relative des facteurs écologiques et de la pêche sur la structuration des stocks de poissons récifaux dans six pêcheries du royaume des Tonga (Pacifique sud). Thèse de doctorat, 201 p. EPHE.

CPS, 2001. - Le secteur des ressources marines vivantes et de l'aquaculture en Polynésie française. *In*: 2e conférence des directeurs des pêches de la CPS (Secrétariat général de la Communauté du Pacifique), juillet 2001, Nouméa. 8 p.

DALZELL P., ADAMS T.J.H. & POLUNIN N.V.C., 1996. - Coastal fisheries in the Pacific islands. *Oceanogr. Mar. Biol.*, 34: 395-531.

FERRARIS J. & CAYRÉ P., 2003. - Les pêcheries récifales dans le Pacifique sud : d'une gestion intuitive vers une gestion écosystémique raisonnée. *Océanis*, 29(3-4): 397-414.

GALZIN R. & POINTIER J.P., 1985. - Moorea Island, Society Archipelago. *In:* Proc. 5th Int. Coral Reef Congr. Tahiti, 1: 73-102.

JENNINGS S. & KAISER J.M., 1998. - The effects of fishing on marine ecosystems. *Mar. Biol.*, 34: 201-352.

JENNINGS S. & POLUNIN N.V.C., 1996. - The effects of fishing efforts and catch rate on the structure and biomass of Fijian reef fish communities. *J. Appl. Ecol.,* 33: 400-412.

KERNEUR M., 2006. - Rapport d'enquête photographique sur la vente de Tui, île de Moorea. 12 p. Service de la pêche de Papeete.

KRONEN M., STACEY N., HOLLAND P., MAGRON F. & POWER M., 2008. - Enquêtes socio-économiques sur la pêche dans les pays insulaires du Pacifique : manuel pour la collecte d'ensembles minimums de données. 129 p. Secrétariat général de la Communauté du Pacifique.

KULBICKI M., GUILLEMOT N. & AMAND M., 2005. - A general approach to length-weight relationships for new Caledonian lagoon fishes. *Cybium,* 29(3): 235-252.

LABROSSE P., FERRARIS J. & LETOURNEUR Y., 2006. - Assessing the sustainability of subsistence fisheries in the Pacific: the use of data on fish consumption. *Ocean Coastal Manage.*, 49: 203-221.

LECAILLON G., DUFOUR V. & LENFANT P., 2000. - Les pêcheries dans les récifs coralliens. *Océanis*, 26(3): 543-569.

LÉOPOLD M., 2000. - Évaluation de la production halieutique par la consommation en milieu insulaire. L'exemple d'Ouvéa dans le Pacifique sud. Mémoire de DAA, 50 p. ENSA Rennes.

LÉOPOLD M., FERRARIS J. & LABROSSE P., 2004. - Assessment of the reliability of fish consumption as an indicator of reef fish catches in small Pacific islands: the example of Ouvea Island in New Caledonia. *Aquat. Living Resour.,* 17: 119-127.

MAAMAATUAIAHUTAPU H., 2003. - La pêche lagonaire en Polynésie : définition du pêcheur lagonaire, bilan et objectifs à atteindre, environnement marin, perspectives. 12 p.

MACMANUS J.W., 1996. - Social and economics aspects of reef fisheries and their management. *In*: Coral Reef Fisheries (Polunin N.V.C. & Roberts C.M., eds), pp. 249-281. London: Chapman and Hall.

MACMANUS J.W., 1997. - Tropical marine fisheries and the future of coral reefs: a brief review with emphasis on Southeast Asia. *Coral Reefs*, 16: 121-127.

MADI MOUSSA R., 2009. - Impact de la pêche artisanale sur les ressources halieutiques récifo-lagonaires : île de Moorea, Polynésie française. Mémoire de Diplôme de l'École pratique des hautes études n° 154, 165 p. EPHE, Laboratoire de Perpignan.

NAUDIN S., PELLA H., CHARLON N., GARRIC J. & BERGOT P., 1996. - Détection de larves de poisson anormales par analyse d'images. *Aquat. Living Resour.,* 9: 281-287.

PGEM, 2005. - L'essentiel du PGEM (Plan de gestion de l'espace maritime à Moorea). 19 p. Arrêté 410 CM du 21 octobre 2004, paru au *Journal Officiel de la Polynésie française* le 22 octobre 2004, pp. 419-429.

SPE, 2004. - Les statistiques de la pêche et d'aquaculture en 2003. *La Lettre de la Pêche*, Ministère de la Pêche et de la Perliculture, Polynésie française. SPE (Service de la pêche de Papeete), n° 16, 14 p.

SPE, 2006. - Synthèse des données de la pêche professionnelle et de l'aquaculture. Cellule Stat., Ministère de la Pêche et de la Perliculture, Polynésie française. SPE (Service de la pêche de Papeete), 30 p.

SALVAT B., 1992. - Coral reefs: a challenging ecosystem for human societies. *Global Environ. Changes*, 2: 12-18.

SALVAT B. & AUBANEL A., 2002. - La gestion des récifs coralliens de Polynésie française. *Rev. Ecol. (Terre Vie)*, 57: 193-251.

STORBECK F. & DAAN B., 2001. - Fish species recognition using computer vision and neural network. *Fish. Res.,* 51:11-15.

STRACHAN N.J.C., 1993. - Length measurement of fish by computer vision. *Comput. Electron. Agric.*, 8: 93-104.

VIEUX C., 2002. - La pêche lagonaire à Moorea (Polynésie française) : évolution quantitative et socio-économique depuis 1992. Rapport du CRIOBE. 32 p.

WHITE D.J., SVELLINGEN C. & STRACHAN N.J.C., 2006. - Automated measurement of species and length of fish by computer vision. *Fish. Res.,* 80: 203-210.

YONGER M., 2002. - Approche de la pêcherie récifo-lagonaire de Moorea (Polynésie française) : évaluation de la production halieutique et de la population de pêcheurs. Mémoire de DAA, 50 p. ENSA Rennes.

ZAR J.H., 1999. - Biostatistical Analysis. 4th edit. 660 p. Upper Saddle River, New Jersey: Prentice-Hall Inc.

ZION B., SHKLYAR A. & KARPLUS I., 1999. - Sorting fish by computer vision. *Comput. Electron. Agric.*, 23: 175-187.

ZION B., SHKLYAR A. & KARPLUS I., 2000. - *In-vivo* fish sorting by computer vision. *Aquacult. Eng.,* 22: 165-179.